

Министерство высшего и среднего специального  
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени академика С.П.Королева

БОРТОВАЯ СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ  
РЕЖИМОВ ПОЛЕТА МСРП-64

Утверждено редакционным  
советом института в качестве  
методических указаний  
к лабораторной  
работе

Куйбышев 1963

Методические указания посвящены описанию системы регистрации режимов полета МСРП-64. В них содержится руководство к проведению лабораторной работы, при выполнении которой студенты познакомятся с принципами построения системы МСРП-64 и приобретут навыки расшифровки информации, записанной на магнитной ленте, об основных параметрах полета самолета и работы его систем.

Указания предназначены для студентов, обучающихся по специальностям 1610 ("Эксплуатация летательных аппаратов и двигателей") и 0535 ("Самолетостроение").

Данная работа рекомендована к публикации кафедрой конструкции и проектирования летательных аппаратов Куйбышевского авиационного института.

Составитель В.С. А с л а н о в

Рецензенты: к.т.н., доц. А.И. Минаков, М.Д. Хасанов

БОРТОВАЯ СИСТЕМА  
РЕГИСТРАЦИИ РЕЖИМОВ ПОЛЕТА  
МСРП-64

Редактор О.Б. Х и р е в а  
Техн. редактор Н.М. К а л е н ю к  
Корректор Е.Г. Ф и л и п п о в а

Подписано в печать 11.01.83. Формат 60x84 1/16.

Бумага оберточная белая. Печать оперативная.

Усл.п.л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,9. Т. 100 экз.

Заказ 1136 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени академика С.П. Королева,  
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Обл. тип. им. В.П. Мяги, г. Куйбышев, Венцека, 60.

## БОРТОВАЯ СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ РЕЖИМОВ ПОЛЕТА МСРП-64

Ц е л ь р а б о т ы: изучить принцип действия системы МСРП-64, конструкцию ее основных элементов; произвести испытание системы с оценкой ее работоспособности.

### I. Назначение и принцип действия системы МСРП-64

#### I. Общие сведения о системе МСРП - 64

Измерительная система регистрации режимов полета МСРП-64 (магнитный самописец режимов полета) предназначена для записи на магнитную ленту основных параметров полета самолета (вертолета), работы его двигателей, систем и оборудования с обеспечением сохранности записанной информации в случае аварии для определения причин летного происшествия.

Записанная информация может быть использована в учебных целях для контроля техники пилотирования, а также для контроля состояния и анализа надежности авиационной техники.

Обработка записанной информации производится с помощью наземного декодирующего устройства НДУ-8 и устройства ДУЧ-74.

Принцип действия системы основан на преобразовании с помощью измерительных преобразователей (датчиков) физических величин в электрические сигналы, пропорциональные изменению этих величин, с последующей их регистрацией на магнитную ленту. Одновременно на магнитной ленте регистрируются опознавательные данные и текущее время.

Система МСРП-64 производит изменение и запись на магнитную ленту следующих физических величин:

- 1) приборной скорости полета,
- 2) угловых перемещений самолета (вертолета) относительно центра масс,
- 3) линейных ускорений самолета (вертолета),
- 4) угловых скоростей самолета (вертолета),
- 5) оборотов двигателей,
- 6) барометрической высоты полета,
- 7) статического давления,
- 8) температуры торможения воздуха,
- 9) динамического давления,
- 10) избыточного давления в гидро-и пневмосистемах самолета (вертолета),
- 11) другой необходимой информации.

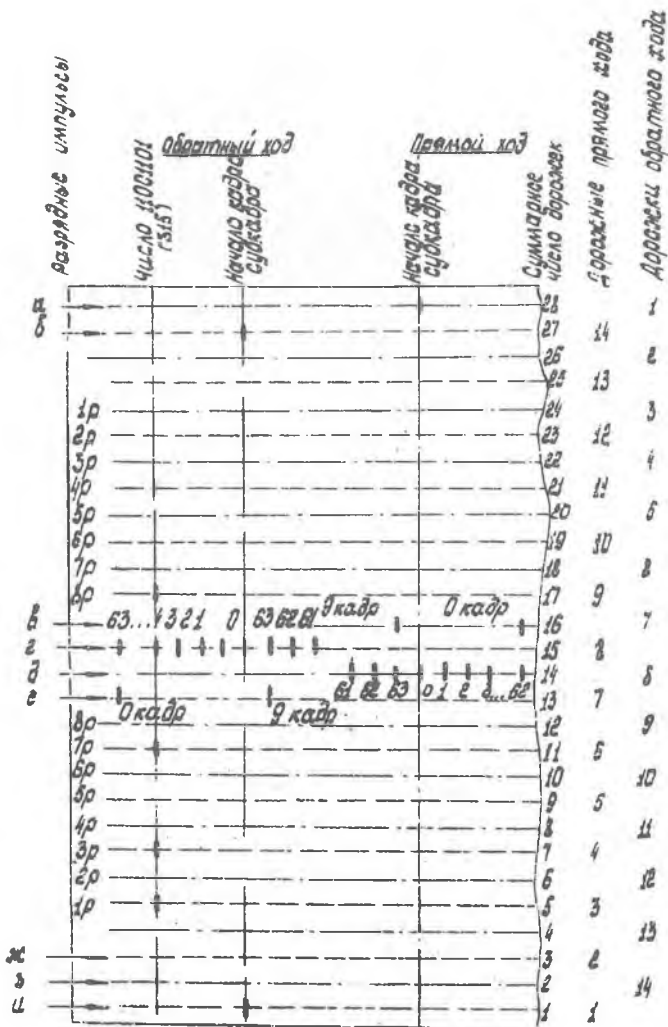
## 2. Работа системы МСРП-64

2.1. Система МСРП-64 рассчитана на работу с потенциометрическими и непотенциометрическими преобразователями и согласующими устройствами, с преобразователями разовых команд.

Сигналы от первичных измерительных преобразователей величин (ПВ), преобразователей разовых команд (ПРК) и согласующих устройств поступают на распределительный щиток, а с него на входы соответствующих каналов преобразующих устройств УП-2. В УП-2 аналоговые величины преобразуются в восьмиразрядный код и через формирователи выходных сигналов поступают в блоки магнитных головок защищенного и эксплуатационного бортовых накопителей МЛП и записываются на магнитной ленте. Для разовых команд отводятся четыре канала по восемь разрядов каждый. Опознавательные данные и сигналы времени поступают в УП-2 в двоично-десятичном коде, которые после преобразования записываются на магнитной ленте так же, как и при регистрации аналоговых величин.

Для обеспечения выборки информации по отдельным дорожкам записываются адресные сигналы: каналные импульсы по каждому каналу, кадровые импульсы, субкадровые импульсы. Расположение на магнитной ленте информации в кадре представлено на рис.1.

Питание системы МСРП-64 осуществляется от бортовой сети постоянного тока напряжением 27В. При обесточивании бортовой сети в полете система МСРП-64 (кроме цепей обогрева и питания эксплуатационного бортового накопителя МЛП) автоматически переключается на аварийное питание от аккумуляторной батареи.



Р и с.1. Расположение на магнитной ленте информации в кадре измерений: а, б, в, г, д. - субкадровые импульсы; е, ж. - кадровые импульсы; з, д. - каналные импульсы

Структурная схема системы ИСПИ-64 показана на рис.2.

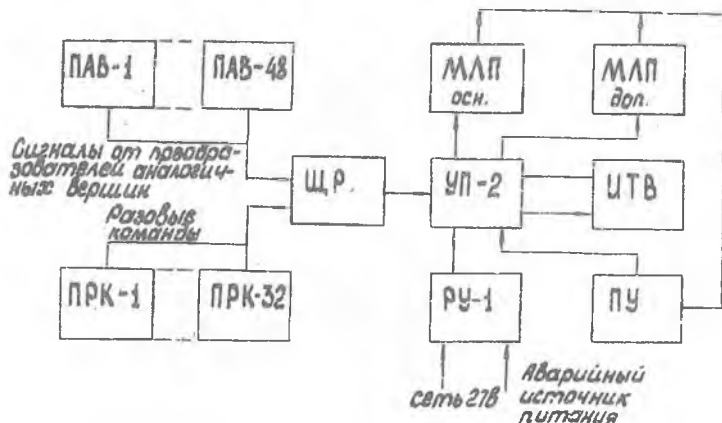


Рис.2. Структурная схема системы ИСПИ-64

2.2. Датчики первичной информации строятся по принципу преобразования неэлектрических параметров (давление, вакуум, перепад давления, температура и т.д.) в электрические величины. Датчик состоит из чувствительного элемента и измерительного устройства, которое выполнено по потенциометрической или мостовой схеме.

Например, чувствительный элемент в потенциометрическом измерительном преобразователе барометрической высоты представляет собой anerоидную коробку, деформация которой при изменении барометрического давления вызывает изменение сопротивления потенциометра, включенного в мостовую измерительную схему. Принцип действия измерителя температуры основан на свойстве металлов изменять свое омическое сопротивление в зависимости от температуры (чувствительным элементом в этом случае является никелевая проволока, включенная в мостовую измерительную схему). Для измерения давления используются также датчики, основанные на преобразовании деформации anerоидной коробки в перемещение подвижного магнитного якоря, который меняет индуктивность измерительного элемента.

Существует большое разнообразие датчиков первичной информации, и все они основаны на изменении потенциала или сопротивления измерительного элемента.

Датчики разовых команд представляют собой, как правило, контактное устройство, которое срабатывает при достижении измеряемого

параметра заданного значения, замыкая или размыкая электрическую цепь.

Потенциометрическая измерительная схема в простейшем виде представлена на рис. 3. Потенциометр включен как делитель напряжения, и ток, проходящий через него, остается постоянным. При наличии тока в датчике электрический потенциал изменяется по длине чувствительного элемента пропорционально его сопротивлению, разность потенциалов между любыми двумя точками чувствительного элемента, например, между крайней правой точкой потенциометра и его щеткой, пропорциональна расстоянию между этими точками.

Для измерения сопротивления применяется четырехплечевой мост постоянного тока (рис. 4). В состав моста входят три известных сопротивления:

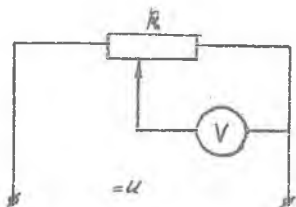
$R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  - и измеряемое сопротивление  $R_x$ . На одну из диагоналей моста подается постоянное напряжение, а в другую включен чувствительный микроамперметр. Сопротивление  $R_2$  переменное, его значение подбирается таким образом, чтобы между точками  $C$  и  $d$  разность потенциалов была равна нулю. В этом случае неизвестное сопротивление определится из формулы

$$R_x = \frac{R_3}{R_4} R_2.$$

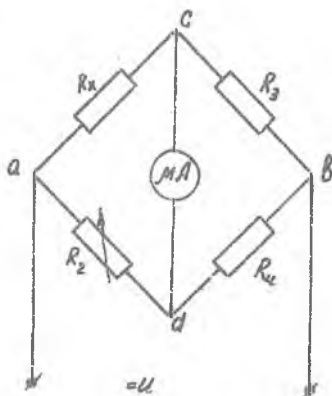
В равновесии схема может быть приведена и с помощью автоматического устройства, которое будет изменять сопротивление  $R_2$  до тех пор, пока разность потенциалов между точками  $C$  и  $d$  не станет равной нулю.

Для измерения емкости и индуктивности применяют мосты переменного тока, которые работают по аналогии с мостом постоянного тока, только в балансе моста участвуют как активные, так и реактивные сопротивления (рис. 5). Для емкостного уравновешенного моста приблизительно соотношение:

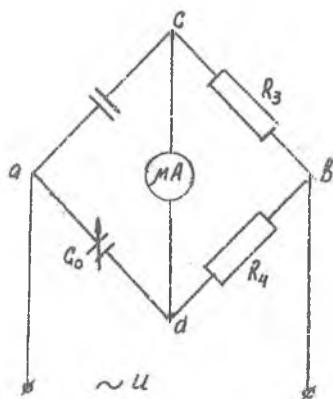
$$C_x = C_0 \frac{R_4}{R_3}.$$



Р и с.3. Потенциометрическая измерительная схема



Р и с.4. Схема моста постоянного тока



Р и с.5. Емкостный мост переменного тока

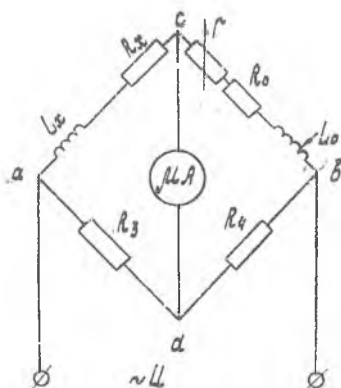
Для индуктивного моста (рис.6) необходимо включение дополнительного сопротивления  $r$ , которым уравновешивается активное сопротивление измерительной катушки индуктивности  $L_x$ , т.е. обеспечивается выполнение условия

$$C_x = C_0 \frac{R_4}{R_3}$$

Индуктивность при равновесии моста определяется по формуле

$$L_x = L_0 \frac{R_3}{R_4}$$

Выше были рассмотрены уравновешенные мостовые схемы, однако если не производить балансировку моста с помощью изменения известного сопротивления  $R_2$  (см. рис.4), емкости  $C_0$  (см.рис.5) или индуктивности  $L_0$  (см.рис.6), то между точками  $c$  и  $d$  возникнет напряжение, пропорциональное измеряемому сопротивлению, емкости или индуктивности. В этом случае мосты называются неуравновешенными, и выходным параметром такой мостовой схемы будет, так же как и в потенциометрической схеме, напряжение.

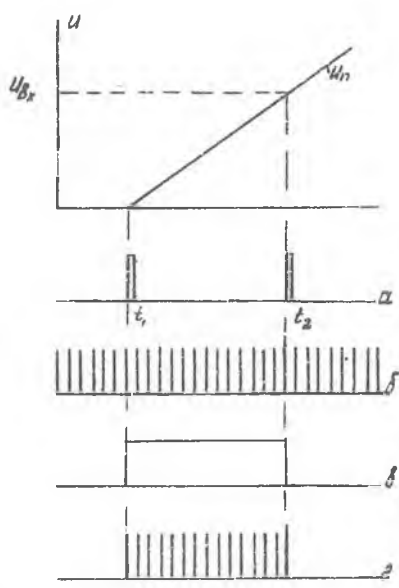
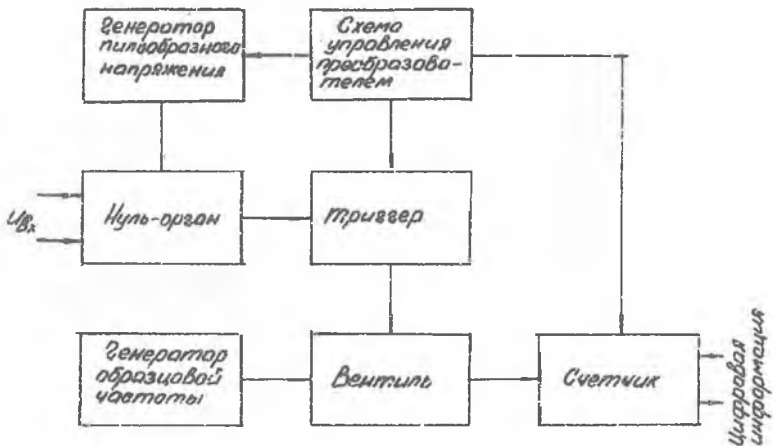


Р и с.6. Индуктивный мост переменного тока

импульсов образцовой частоты, укладывающихся в полученном временном интервале.

АЦП включает в себя (рис.7) схему управления преобразователем, предназначенную для запуска генератора пилообразных напряжений (ГПН), установки АЦП в исходное положение после каждого цикла измерения;





Р и с.7. Блок-схема аналогово-цифрового преобразующего устройства и временные диаграммы в различных точках схемы: а - управляющие сигналы; б - импульсы образцовой частоты; в - импульсы триггера; г - импульсы на счетчике

ГПН вырабатывает пилообразное напряжение  $U_n$ ; нуль-орган издает управляющие импульсы в момент запуска ГПН ( $t_1$ ) и в момент равенства напряжений  $U_{вх}$  и  $U_n$  ( $t_2$ ); триггер - это устройство, имеющее два

устойчивых состояния равновесия, управляется двумя импульсами, под действием первого происходит скачкообразный переход из одного устойчивого состояния в другое, а под действием второго триггер возвращается в исходное состояние. Другими словами, триггер на каждые два управляющих импульса вырабатывает один импульс длительностью, равной интервалу времени между импульсами управления; генератор образцовой частоты (ГОЧ) вырабатывает импульсы стабильной частоты; клапан предназначен для открытия цепи прохождения сигналов образцовой частоты; счетчик служит для подсчета импульсов, вырабатываемых ГОЧ и прошедших через клапан.

Входное напряжение  $U_{вх}$  преобразуется во временной интервал посредством его сравнения с пилообразным напряжением  $U_n$ . Начало временного интервала  $t_1$  фиксируется началом цикла преобразования (запуск ГПН), а его конец  $t_2$  — моментом равенства  $U_{вх}$  и  $U_n$ , фиксируемых сравнивающим устройством (нуль-орган). Импульс запуска устанавливает триггер в такое положение, при котором клапан отрывается и импульсы с ГОЧ начинают поступать на счетчик. Одновременно с этим осуществляется запуск ГПН. В момент равенства  $U_{вх}$  и  $U_n$  нуль-орган вырабатывает импульс, возвращающий триггер в исходное состояние, при котором клапан запирается и допуск в счетчик импульсов ГОЧ прекращается. Число импульсов, зарегистрированное в счетчике, пропорционально преобразуемому напряжению

$$U_{вх} = \alpha \frac{n}{f_{ГОЧ}}$$

где  $n$  — число импульсов, зафиксированных счетчиком,

$f_{ГОЧ}$  — частота образцового генератора,

$\alpha$  — коэффициент пропорциональности, определяемый параметрами ГПН.

### 3. Запись на магнитную ленту

Измерительная информация записывается на магнитную ленту в виде 48 аналоговых параметров (восемь двоичных разрядов) и 32 разовых величины (один двоичный разряд 0,1).

На магнитную ленту кроме измерительной информации записывается следующая служебная и дополнительная информация:

- а) адресные сигналы — каналные, кадровые, субкадровые импульсы;
- б) калибровочные сигналы — коды калибровочных напряжений (нуль вольт и 6,3 В);

в) отметки времени, следующие с периодом 1 мин.;

г) опознавательные данные:

- номер самолета (5 десятичных знаков),
- номер рейса (4 десятичных знака),
- дата рейса (число, месяц, последняя цифра года),
- астрономическое время (часы, минуты).

Вся измерительная, служебная и дополнительная информация записывается по следующей форме:

а) аналоговые величины - 8-разрядным двоичным кодом, причем единице соответствует наличие импульса, а нулю - отсутствие импульса;

б) разовые команды - четырьмя группами по восемь разовых команд в каждой группе одновременно, при этом наличии сигнала разовой команды соответствует единица, а отсутствию сигнала разовой команды - нуль;

в) опознавательные данные - импульсным двоично-десятичным кодом по отдельному каналу с периодом записи 5с;

г) отметки времени - импульсами по отдельной дорожке на магнитной ленте;

д) калибровочные сигналы - по двум каналам в той же форме, что и аналоговые величины;

е) адресные сигналы - импульсами (канальными, кадровыми, субкадровыми) по трем отдельным дорожкам на магнитной ленте.

Распределение аналоговых величин и разовых команд по каналам приведено в табл. I.

Аналоговые параметры 8/4, 9/4 и 10/4 опрашиваются с частотой 8 Гц.

Четыре группы разовых команд записываются в каналы № 10, 30, 50, 70, по 8 команд в каждом канале.

Магнитная запись производится по 28 дорожкам ленты: 14 дорожек для прямого хода и 14 дорожек для обратного хода ленты. Дорожки прямого хода и обратного чередуются.

Запись производится по 64 каналам (номера каналов 0+ 63 или в восьмеричной системе 00+77). Каждый канал отмечается импульсом на канальной дорожке (15 - прямой ход, 14 - обратный ход). Шестьдесят четыре канала составляют кадр, импульсы начала и конца кадра размещаются на кадровой дорожке (13 - прямой ход, 16 - обратный ход). Десять кадров составляют субкадр, импульсы начала и конца субкадра располагаются на двух субкадровых дорожках (1,27 - прямой ход, 2,28 - обратный ход). Расположение на магнитной ленте информации в кадре измерений представлено на рис. I.

Опознавательные данные и время записываются в нулевом канале (00) кадра в двоично-десятичном коде. В каждом канале размещается по два

## Распределение регистрируемой информации по каналам

№ ка- нала	№ ка- нала в 8-2 коде	Регистрируемая информация	№ ка- нала	№ ка- нала в 8-2 коде	Регистрируемая информация
0	00	Огнозав. данные и время	32	40	Анал. параметр 26
I	01	Анал. параметр - I	33	41	Анал. параметр 27
2	02	Анал. параметр - 2	34	42	Анал. параметр 28
3	03	Анал. параметр - 3	35	43	Анал. параметр 29
4	04	Анал. параметр - 4	36	44	Анал. параметр 30
5	05	Анал. параметр - 5	37	45	Анал. параметр 31
6	06	Анал. параметр - 6	38	46	Анал. параметр 32
7	07	Анал. параметр - 7	39	47	Анал. параметр 33
8	10	I-я гр. раз. команд	40	50	3-я гр. раз. команд
9	11	Анал. параметр 3/4	41	51	Анал. параметр 8/4
10	12	Анал. параметр 9/4	42	52	Анал. параметр 9/4
11	13	Анал. параметр 10/4	43	53	Анал. параметр 10/4
12	14	Анал. параметр 11	44	54	Анал. параметр 34
13	15	Анал. параметр 12	45	55	Анал. параметр 35
14	16	Анал. параметр 13	46	56	Анал. параметр 36
15	17	Анал. параметр 14	47	57	Анал. параметр 37
16	20	Калибровка-нуль	48	60	Калибровка +6,3В
17	21	Анал. параметр 15	49	61	Анал. параметр 38
18	22	Анал. параметр 16	50	62	Анал. параметр 39
19	23	Анал. параметр 17	51	63	Анал. параметр 40
20	24	Анал. параметр 18	52	64	Анал. параметр 41
21	25	Анал. параметр 19	53	65	Анал. параметр 42
22	26	Анал. параметр 20	54	66	Анал. параметр 43
23	27	Анал. параметр 21	55	67	Анал. параметр 44
24	30	2-я гр. раз. команд	56	70	4-я гр. раз. команд
25	31	Анал. параметр 8/4	57	71	Анал. параметр 8/4
26	32	Анал. параметр 9/4	58	72	Анал. параметр 9/4
27	33	Анал. параметр 10/4	59	73	Анал. параметр 10/4
28	34	Анал. параметр 22	60	74	Анал. параметр 45
29	35	Анал. параметр 23	61	75	Анал. параметр 46
30	36	Анал. параметр 24	62	76	Анал. параметр 47
31	37	Анал. параметр 25	63	77	Анал. параметр 48

десятичных числа, например, десятки и единицы часов.

Полностью вся служебная информация помещается в 10 кадрах или субкадре (табл.2).

Т а б л и ц а . 2

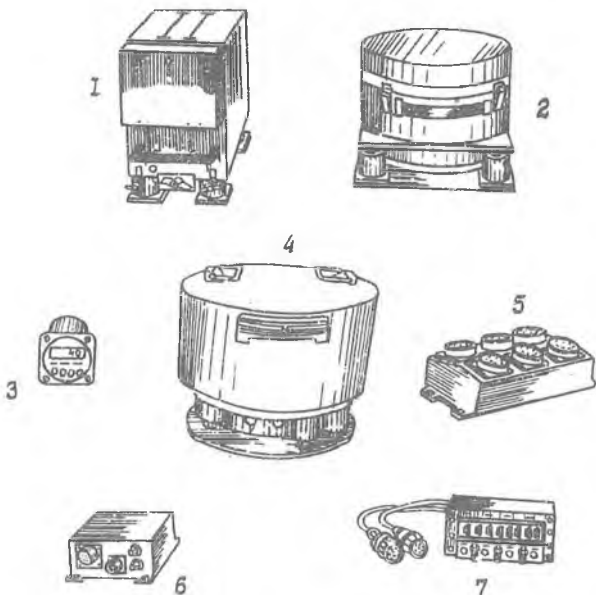
Распределение опознавательных данных  
и времени по кадрам  
и разрядам кода

№ кадра	Опознавательные данные и время	
	Разряды кода (канала)	
0	Десятки часов	Единицы часов
1	Десятки минут	Единицы минут
2	Десятки числа	Единицы числа
3	Десятки месяца	Единицы месяца
4		Последняя цифра года
5	Тысячи № рейса	Сотни № рейса
6	Десятки № рейса	Единицы № рейса
7		Десятки тысяч № самолета
8	Тысячи № самолета	Сотни № самолета
9	Десятки № самолета	Единицы № самолета

## II. Состав системы МСРП-64

1. Датчик первичной информации.
2. Преобразующее устройство УП-2-2.
3. Эксплуатационный бортовой накопитель МЛП-14-6.
4. Защищенный бортовой накопитель МЛП-14-5.
5. Пульт управления ПУ-22-1.
6. Индикатор текущего времени ИТВ-4.
7. Распределительное устройство РУ-3-1.
8. Распределительный щиток ЩР-4.

Система МСРП-64 конструктивно выполнена в виде отдельных взаимосвязанных блоков (рис.8), каждый из которых выполняет строго определенные функции.



Р и с.8. внешний вид системы МСПИ-64 без первичных измерительных преобразователей (датчиков): 1 - преобразующее устройство МП-2-2; 2 - эксплуатационный бортовой накопитель МП-14-6; 3 - индикатор текущего времени ИТВ-4; 4 - защищенный бортовой накопитель МП-14-5; 5 - распределительный щиток МР-4; 6 - распределительное устройство РУ-3-1

Для сохранения записанной информации лентопротяжный механизм бортового защищенного механизма МП-14-5 помещен в тепло- и ударозащитный контейнер. Крышка контейнера имеет специальное запорное устройство (замок) и специальное уплотнение, обеспечивающее сохранность магнитной ленты.

Эксплуатационный бортовой накопитель МП-14-6 имеет простое и удобное крепление крышки, что позволяет быстро снимать магнитную ленту с записанной лентой и ставить запаску.

Защищенный бортовой накопитель следует размещать в местах, меньше всего подверженных разрушению в случае аварии, а эксплуатационный бортовой накопитель - в легко доступном месте.

### Ш. Основные технические данные

1. Система МСРП-64 работает в условиях:
  - а) изменения температуры окружающего воздуха от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ ;
  - б) изменения относительной влажности от нормальной до 98% при  $35^{\circ}\text{C}$ ;
  - в) изменения атмосферного давления от нормального до 15 мм рт.ст. при температуре окружающего воздуха от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ ;
  - г) воздействия линейных ускорений до  $4g$ ;
  - д) воздействия ударных нагрузок с ускорением до  $4g$ .
2. Время готовности системы к работе при температуре внешней среды не превышает 20 минут.
3. Контейнер защищенного бортового накопителя обеспечивает сохранность записи после воздействия на него:
  - а) температуры до  $+100^{\circ}\text{C}$  в течение 15 мин на 50% поверхности контейнера;
  - б) ударных нагрузок с ускорением до  $200g$ ;
  - в) статической нагрузки до 10000Н;
  - г) морской воды в течение 36 часов.
4. Число параметров, записываемых на магнитную ленту:
  - а) аналоговых - не более 48;
  - б) разовых команд - не более 32.
5. Частота опроса датчиков первичной информации (или дискретность записи информации на магнитную ленту):
  - а) для 3 - аналоговых параметров - 8 Гц;
  - б) для 45 -аналоговых параметров и всех разовых команд - 2 Гц.
6. Погрешность преобразования и записи параметров не превышает  $\pm 1,5\%$ .
7. Скорость движения магнитной ленты 3,34 мм/с  $\pm 10\%$ .
8. Время непрерывной работы не менее 30 ч.
9. Время записи для одного цикла движения магнитной ленты ( в прямом и обратном направлениях) защищенного и эксплуатационного бортовых накопителей составляет в зависимости от типа магнитной ленты -  $17^{\pm 2}$  ч (В-4509-19) или  $25^{\pm 3}$  ч (И-4409-19).
10. Мощность, потребляемая системой МСРП-64 при напряжении постоянного тока 27В, не более 120 Вт (без обогрева).

- II. Масса блоков, входящих в систему МСРП-64-2, не превышает:
- а) преобразующее устройство УП-2-2 - 10,5 кг ;
  - б) эксплуатационный бортовой накопитель МЛП-14-6 - 8,8 кг;
  - в) защищенный бортовой накопитель МЛП-14-5 - 17,1 кг;
  - г) пульт управления ПУ-22-1 - 1,5 кг;
  - д) индикатор текущего времени ИТВ-4 - 1,2 кг;
  - е) распределительное устройство РУ-3-1 - 1,4 кг;
  - ж) распределительный щиток ЩР-4 - 1,8 кг;
  - з) датчик первичной информации - в зависимости от комплекта (N x 1 кг);
  - и) объединительная аппаратура - в зависимости от комплекта.

#### IV. Порядок выполнения работы

Лабораторная работа выполняется по специальным таблицам, составленным для данной лабораторной работы, в которых определен объем работ и порядок их выполнения. В названиях таблиц отражено краткое содержание эксперимента.

#### У. Содержание отчета

1. Назначение и принцип действия системы МСРП-64.
2. Структурная схема системы МСРП-64.
3. Результаты проведенных испытаний и экспериментов.
4. Выводы и заключения по работоспособности системы.

#### VI. Контрольные вопросы

1. Назначение системы МСРП-64.
2. Состав системы МСРП-64.
3. Способы измерения аналоговых величин.
4. Принцип построения датчиков разовых команд.
5. Принцип действия аналогово-цифрового преобразующего устройства УП-2.
6. Состав информации, записываемой на магнитную ленту.
7. Основные технические данные системы МСРП-64.

#### Л и т е р а т у р а

1. К е р б е р Л.Л. Компонетка оборудования на самолете. М.: Машиностроение, 1976.
2. Бортовая система регистрации режимов полета МСРП-64. Руководство по технической эксплуатации. М., 1975.